

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

DANIELLE CRISTINA PORTO

**INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR ÓLEO COMBUSTÍVEL: ESTUDO
DE CASO EM RIBERÃO PRETO (SP) - EMPRESA VIAÇÃO
GARCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2014

DANIELLE CRISTINA PORTO

**INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR ÓLEO COMBUSTÍVEL: ESTUDO
DE CASO EM RIBERÃO PRETO (SP) - EMPRESA VIAÇÃO
GARCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de TCC2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira Santos.

LONDRINA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS POR ÓLEO COMBUSTÍVEL: ESTUDO DE CASO EM
RIBERÃO PRETO (SP) - EMPRESA VIAÇÃO GARCIA
por
DANIELLE CRISTINA PORTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 12 de dezembro de 2014 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp
(UTFPR)

Prof. Aulus Roberto Romao Bineli
(UTFPR)

Prof. Dr. Maurício Moreira Santos
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pelas oportunidades que me foram dadas ao longo dela, por sempre me conceder força e coragem para enfrentar os obstáculos que surgiram no decorrer dos anos, por todas as conquistas alcançadas, além de determinação e saúde para realizar todas as minhas atividades

Aos meus pais Cícera e Nelson Porto, pela educação transmitida com tanto amor e carinho e pela motivação dada em todas as etapas da minha vida acadêmica.

Ao meu noivo André de Oliveira Almeida por estar sempre ao meu lado apoiando as minhas decisões e me incentivando a nunca desistir dos meus sonhos e objetivos.

Agradeço a empresa Viação Garcia por permitir a realização e desenvolvimento deste trabalho em suas dependências.

Ao professor Dr. Maurício Moreira Santos, pela orientação, pela dedicação em transmitir o conhecimento necessário para a elaboração deste trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por proporcionar um ensino de qualidade, infra-estrutura, e auxílio para uma completa graduação.

Às demais pessoas aqui não mencionadas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução do trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

PORTO, Danielle. **Investigação da contaminação do solo e águas subterrâneas por óleo combustível: Estudo de caso em Riberão Preto (SP) – Empresa Viação Garcia**. 2014. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

A crescente contaminação de solos e água subterrânea por hidrocarbonetos derivados de petróleo (óleo diesel) tem sido destaque nas últimas décadas podendo comprometer não só o meio ambiente, mas também a saúde humana. No mês de outubro de 2013 a MILLER Consultoria Ambiental realizou na Empresa Viação Garcia estudos e trabalhos de Investigação Ambiental Confirmatória, buscando-se identificar a eventual contaminação no solo e/ou água subterrânea em decorrência das atividades desenvolvidas no local. Na ocasião foram instalados 04 poços de monitoramento e coletadas 04 amostras de solo e água subterrânea para a análise química dos parâmetros benzeno, tolueno, etilbenzeno e três isômeros de xilenos (BTEX) e dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH). As concentrações dos parâmetros analisados se apresentaram inferiores aos valores de referência utilizados. Porém, durante os trabalhos de amostragem de água subterrânea, os poços PM-01 e PM-02 apresentaram em suas águas certa oleosidade e iridiscência, respectivamente, não apresentando, porém, até o final dos trabalhos de campo, lâminas de fase livre de produto. Em fevereiro de 2014 foi realizada uma nova investigação confirmatória, visando avaliar eventual ocorrência de lâminas de fase livre nos poços de monitoramento instalados na etapa pretérita de investigação, em especial nos poços PM-01 e PM-02. O presente trabalho teve como objetivo apresentar e analisar os estudos de monitoramento que foram feitos na região.

Palavras chave: Solo, Água Subterrânea, Contaminação por Petróleo.

ABSTRACT

PORTO, Danielle. **Soil contamination Research and groundwater by fuel oil: Case study in Ribeirão Preto (SP) - Company Traffic Garcia**. 2014. 51 p. Work Completion of course (Bachelor of Environmental Engineering). - Environmental Engineering Course - Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2014.

The increasing contamination of soil and groundwater by hydrocarbons derived from oil (diesel oil), has been featured in recent decades and may affect not only the environment but also human health. In October 2013 the Environmental Consulting MILLER held at Company X studies and Environmental Research Confirmatory, seeking to identify possible contamination in the soil and / or groundwater as a result of activities undertaken at the site. At the time 04 monitoring wells were installed and collected 04 samples of soil and groundwater for chemical analysis of BTEX and PAH parameters. The concentrations of the analyzed parameters are presented below the reference values used. However, during the process of sampling groundwater, the PM-01 and PM-02 in their water wells had oil and some iridescence, respectively, but did not show until the end of the fieldwork, blades free product phase . In February 2014 a new confirmatory research, to evaluate the possible occurrence of blades free phase in monitoring wells installed in bygone stage of research, especially in the PM-01 and PM-02 wells was performed. This paper aims to present and analyze the monitoring studies that were done in the region.

Keywords: Soil, Groundwater, Contamination by oil.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hidrocarbonetos Determinados pela Análise BTEX.....	20
Figura 2: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos detectados pela análise PAH.....	21
Figura 3: Garagem em Ribeirão Preto – SP	26
Figura 4: Localização do Empreendimento e da Área de Estudo.....	27
Figura 5: Mapa Geológico do Estado de São Paulo	30
Figura 6: Analisador GASTECH, modelo INNOVA Series.	31
Figura 7: Pontos de Medição de Gases e Sondagem de Investigação	33
Figura 8: Localização dos poços de monitoramento	36
Figura 9: Análise em amostra de solo.	40
Figura 10: Perfil Litológico construtivo dos poços de monitoramento	44
Figura 11: Mapa potenciométrico da região de estudo em outubro de 2013.....	45
Figura 12: Mapa potenciométrico da região de estudo em fevereiro de 2014.	46
Figura 13: Análise em amostra de água subterrânea	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Produtos do refino do petróleo.....	20
Tabela 2: Concentração de Compostos Orgânicos no Solo - Malha de COV	39
Tabela 3: Concentrações de COV's Medidas Durante as Sondagens	41
Tabela 4: Análise química das amostras de solo.....	42
Tabela 5: Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento.....	43
Tabela 6: Análise química das amostras de água subterrânea.....	47
Tabela 7: Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 GERAL	13
3.2 ESPECÍFICOS	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 O Solo e sua formação.....	14
4.2 Poluição Ambiental, Poluição e Contaminação do Solo.....	15
4.3 Água Subterrânea	16
4.4 Contaminação e Poluição da Água Subterrânea	18
4.5 Petróleo e derivados.....	18
4.6 Gerenciamento de Áreas Contaminadas	23
5. METODOLOGIA	25
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	25
5.1.1 Descrição e dados do estabelecimento	25
5.1.2 Características da região.....	28
5.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS.....	31
5.2.1 Avaliação de Gases no Solo (Malha de COV)	31
5.2.2 Poços de Monitoramento.....	34
5.2.3 Amostragem do Solo para Análise Química	37
6. RESULTADOS OBTIDOS	39
6.1 Avaliações de Gases no Solo	39
6.2 Amostragens de Solo para Análise Química.....	41
6.3 Amostragens de Água Subterrânea.....	42
6.4 Monitoramento de Nível de Água e Fase Livre	49
7. CONCLUSÕES	50
8. REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental pode ser apontada como um dos grandes problemas da atualidade e é decorrente de uma série de fatores como o mau uso dos recursos naturais, a ineficiência da legislação, a falta de consciência ambiental, entre outros.

A crescente industrialização no Brasil a partir da década de 70, devido ao grande desenvolvimento econômico, causou um aumento no consumo de derivados de petróleo e conseqüentemente o aumento do número de postos revendedores de combustíveis, o que provoca a elevação do grau de risco de contaminação do meio ambiente, principalmente em área de estocagem de derivados de petróleo.

A crescente contaminação de solos e água subterrânea por hidrocarbonetos derivados de petróleo tem sido destaque nas últimas décadas, principalmente em função da frequência com que os episódios de contaminação são verificados e da gravidade com que o meio ambiente é afetado.

Em virtude de grande parte da frota mundial de veículos automotores utilizarem o óleo diesel como combustível fóssil, é necessário a existência de muitos postos de serviço, terminais de distribuição e refinarias. No Brasil, existem cerca de 27 mil postos de combustíveis (PETROBRÁS, 2014), muitos dos quais operando em condições de risco, o que torna o potencial poluente ainda mais elevado. Esses estabelecimentos possuem reservatórios ou tanques, que armazenam grandes quantidades deste produto, com vida útil de 25 anos.

O vazamento de combustível dos tanques de armazenamento pode ocorrer devido a uma série de fatores, entre estes de destacam: a transferência de produtos entre os tanques e o sistema de transporte dos combustíveis, corrosão do sistema de armazenamento; falhas estruturais ou da tubulação conectada ao tanque ou então devido à instalação inadequada dos mesmos.

De acordo com a Agencia Nacional do Petróleo, no ano de 2007 foram relatados 7.550 casos de acidentes com tanques de armazenamento subterrâneos. Atualmente existem mais de 446.940 áreas em processo de descontaminação devido a acidentes com tanques subterrâneos. No estado de

São Paulo, a CETESB contabilizou, no ano de 2009, 19 emergências ambientais envolvendo postos de abastecimento e sistemas retalhistas de combustíveis.

Além do uso generalizado e destino inadequado, os derrames acidentais e os vazamentos de hidrocarbonetos de petróleo, solventes orgânicos e compostos poliaromáticos têm resultado em geração de fontes persistentes de contaminação do solo e águas subterrâneas, se tornando um importante problema ambiental que pode afetar também a saúde humana.

Pela necessidade de preservação e manutenção da qualidade do meio ambiente, foram realizadas as atividades de avaliação de passivo ambiental, buscando-se identificar a eventual contaminação no solo e/ou água subterrânea em decorrência das atividades desenvolvidas em uma empresa de transporte rodoviário localizada na cidade de Ribeirão Preto-SP.

2. JUSTIFICATIVA

A contaminação do solo e subsolo por compostos orgânicos como o petróleo é um processo complexo e difícil de tratar por várias razões, tais como a tendência de adsorção dos contaminantes na matriz do solo, a baixa solubilidade destes em água, a taxa limitada de transferência de massa necessária à ocorrência da biodegradação, entre outros.

Além do fato de ser uma fonte energética não renovável, e de gerar muitos poluentes tanto na sua queima, quanto na produção derivados, a armazenagem e transporte desse combustível podem ocasionar alguns acidentes, dentre eles o derramamento em água ou em solo (ATSDR, 1999).

Este trabalho se justifica no fato de que o do solo e as águas subterrâneas são essenciais para a manutenção da vida, sendo que a sua contaminação pode comprometer não só o meio ambiente, mas também a saúde humana.

Netto et al. (2000) afirma que a elevada taxa de mortalidade por câncer e o fato de os tratamentos para esta doença serem dispendiosos, demorados e normalmente implicarem em sofrimento aos doentes mostram a importância de se estudar a exposição humana a substâncias que possuam atividade mutagênica ou carcinogênica, principalmente pelo fato de que a grande maioria dos cânceres resulta de interações genéticas e ambientais. O autor também aponta que os hidrocarbonetos poliaromáticos constituem uma ameaça potencial para a saúde da população atual e das futuras gerações.

Assim sendo, é de extrema importância efetuar o monitoramento de áreas contaminadas para que seja possível avaliar os efeitos ao meio ambiente, se há a possibilidade de atenuação natural, determinar o quanto já se degradou ao longo do tempo, entre outros fatores (SILVA et al., 1997).

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Realizar uma investigação confirmatória para identificar eventual contaminação no solo e/ou água subterrânea em decorrência das atividades desenvolvidas no local.

3.2 ESPECÍFICOS

- Analisar os perfis descritivos de poços de monitoramento instalados na área de estudo;
- Avaliar a qualidade do solo através de análises químicas para determinar se há presença de derivados de petróleo;
- Avaliar a qualidade da água subterrânea através de análises químicas para determinar se há presença de derivados de petróleo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O Solo e sua formação

O intemperismo é um conjunto de fenômenos físicos e químicos que levaram a degradação e decomposição das rochas e seus minérios e a formação do solo na superfície terrestre durante vários anos, tendo influência da chuva, da temperatura, das estações do ano e outros fatores (HORN; SMUCKER, 2005, p. 14).

O solo é um recurso natural básico, constituindo um componente fundamental dos ecossistemas e dos ciclos naturais. É a camada superficial constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade variável, resultante da ação conjunta de agentes da natureza e da adaptação destes às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas, como a ação da vida, da atmosfera e das trocas de energia que aí se manifestam.

“O solo é um corpo de material inconsolidado, que recobre a superfície terrestre sendo produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo de um tempo” (SOUZA-PINTO, 2009, p.13).

É constituído por quantidades variáveis de minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos, incluindo plantas, bactérias, fungos, protozoários, invertebrados e outros animais. Suas principais funções são a sustentação da vida e do "habitat" para pessoas, animais, plantas e outros organismos, manutenção do ciclo da água e dos nutrientes, proteção da água subterrânea, manutenção do patrimônio histórico, natural e cultural; conservação das reservas minerais e de matérias primas; produção de alimentos e meio para manutenção da atividade sócio-econômica e outros. (HORN; SMUCKER, 2005, p. 18)

De acordo com (PRIMAVESI, 2002, p.88) “a formação do solo é influenciada por diversos fatores como: o material de origem que pode ser uma rocha, um sedimento argiloso transportado pelo vento ou uma areia transportada pela água; o clima pela interferência da temperatura e a distribuição de chuvas; da vegetação pela cobertura do solo ou a quantidade de matéria orgânica disponível; o relevo que altera os fatores de insolação e penetração de água; fatores antrópicos devido a sua influência de manejo e o tempo, pois se presume

que a formação do solo se processou muito lentamente e que as alterações levem milhares de anos.”

4.2 Poluição Ambiental, Poluição e Contaminação do Solo

Entende-se por poluição ambiental a introdução direta ou indireta de substâncias ou energia no ambiente, provocando um efeito negativo no seu equilíbrio, que podem causar danos na saúde humana, nos seres vivos e no ecossistema ali presente (DAL FORNO, R. G, 2006, p.80).

”A poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (Lei 6.938 Política Nacional do Meio Ambiente).

Além da poluição do ar e da água, a poluição do solo ocorre devido aos malefícios causados pela desordenada exploração e ocupação do mesmo que são prejudiciais à sua constituição. Conforme estabelece a Lei 3.858, art. 3, “a poluição do solo e do subsolo consiste na deposição, disposição, descarga, infiltração, acumulação, injeção ou enterramento no solo ou no subsolo de substâncias ou produtos poluentes, em estado sólido, líquido ou gasoso”.

Inúmeros desastres ecológicos já ocorreram em função de derrames de petróleo, causando diferentes problemas ambientais. De acordo com a Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças dos Estados Unidos (ATSDR, 1999), derrames de petróleo em solos podem ocasionar diminuições na biota local e resultar em danos por tempo indefinido ao meio ambiente.

A contaminação do solo por petróleo pode ocorrer em função de perdas, rompimentos de dutos ou ainda acidentes durante o transporte, influenciando fortemente o local contaminado, modificando propriedades físicas e químicas e tornando o ambiente tóxico (BENTO, 2005)

O solo uma vez contaminado ou degradado traz consequências ambientais, sanitárias, econômicas, sociais e políticas catastróficas que poderão limitar ou até inviabilizar a sua utilização futura, alterando as suas propriedades

físicoquímicas, geomorfológicas, biológicas e quando existem grandes alterações na utilização do solo e na sua gestão, atinge-se uma situação em que as suas aptidões produtivas, hidrológicas e ecológicas se perdem. (SANCHEZ, L. E, 2004, p.90). Desta forma se faz necessário cada vez mais o estudo e a realização de praticas de recuperação dos solos degradados e/ou contaminados.

4.3 Água Subterrânea

Os aquíferos são meios porosos capazes de armazenar e transmitir água através de seus espaços vazios intergranulares que formam os solos, sedimentos inconsolidados e/ou rochas sedimentares. As águas subterrâneas também podem ser armazenadas em fraturas, porções onde as rochas se romperam devido ao resfriamento do magma em rochas ígneas, à movimentação da crosta terrestre e ação do processo de intemperismo químico e físico (IRITANI e EZAQUI, 2008).

A água subterrânea é um recurso natural imprescindível para a vida e para a integridade dos ecossistemas, representando mais de 95% das reservas de água doce exploráveis do planeta. Mais de metade da população mundial depende das águas subterrâneas para abastecimento público. (SCHMIDT, 2006, p.103).

No Brasil, a exploração das águas subterrâneas ocorre desde a época colonial e é explorada até a atualidade. De acordo com IBGE (2010), 62% dos 8.656 distritos abastecidos utilizam as águas subterrâneas, sendo que a extração realizada em 86% dos distritos é através de poços profundos e 14% em poços rasos ou escavados. Dos 1.192 distritos que não possuem sistema de abastecimento de água no país, 47% têm a água subterrânea como principal fonte, o que evidencia ainda mais a sua importância, e conseqüentemente a necessidade de sua preservação.

A água no subsolo surge a partir da infiltração e o armazenamento dessa água são regulados pela ação da força gravitacional e pelas características dos materiais presentes. As águas subterrâneas têm fundamental importância em todo mundo no abastecimento público e privado. Em torno de 1,5 bilhões de pessoas em núcleos urbanos e uma grande parcela da população rural tem suas necessidades supridas pelo manancial subterrâneo. (TEIXEIRA, 2003, p. 85).

A infiltração é um processo importante de recarga de água no subsolo. O volume de água de infiltração depende de vários fatores, como cobertura vegetal, topografia, precipitação, uso e ocupação do solo, entre outros. O processo é favorecido pela presença de minerais porosos e permeáveis. Isso significa que, quanto maior a porosidade do material e quanto maior sua permeabilidade, maior será a infiltração. Além disso, rochas expostas e fraturadas também contribuem para maior infiltração. (SCHMIDT, 2006, p.120).

A presença de vegetação favorece a infiltração, pois as raízes das árvores tendem a abrir caminho para a água. Por outro lado, as folhas impedem o choque direto da água precipitada com o solo, retardando seu contato com o mesmo, impedindo o escoamento superficial mais intenso e evitando o processo de erosão. De modo geral, declives mais acentuados diminuem a infiltração, visto que provocam escoamento superficial mais intenso. Superfícies suavemente onduladas, ao contrário, provocam escoamento superficial menos veloz, o que favorece a mesma. (SCHMIDT, 2006, p.132).

Chuvvas regularmente distribuídas ao longo do ano também favorecem a infiltração, que ocorrem em ritmo lento, de modo que a velocidade de mesma acompanha o ritmo de precipitação. Chuvas torrenciais, porém, favorecem o escoamento superficial, já que a taxa de infiltração é menor que o volume de água precipitada em um intervalo muito curto. Os solos das áreas urbanas em regiões de muita pavimentação e em áreas rurais onde a exploração é intensa devido ao desmatamento em geral ou pela compactação nas áreas de criação de gado diminuem a taxa de infiltração. (FELLENBERG, 1980, p.156)

O movimento da água no subsolo decorre não somente da força gravitacional, mas também das características dos solos, sedimentos, rochas, forças de atração molecular e tensão superficial.

“A disposição da água no subsolo ocorre em camadas definidas da seguinte forma: a região mais profunda onde todos os poros livres estão preenchidos por água denomina-se zona saturada; a região superior onde além de água ainda há vazios preenchidos por ar, denomina-se zona não saturada; e o limite entre estas duas regiões é a superfície denominada nível d’água ou lençol freático” (TEIXEIRA, 2000, p.306.).

4.4 Contaminação e Poluição da Água Subterrânea

A contaminação da água subterrânea é a introdução de qualquer substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem estar, que traz prejuízo para a vida aquática, altera as características das águas receptoras para determinados fins ou modifica normas de qualidade pré-estabelecidas. (BRANCO, S. M, 2001).

De modo geral, as águas subterrâneas podem sofrer poluição direta e/ou indireta, pela deposição de resíduos sólidos na superfície do solo através de atividades industriais e municipais das grandes cidades que não são devidamente acondicionados e dispostos nos aterros sanitários que acabam produzindo chorumes, acidentes com rompimentos de fossas sépticas ou redes de esgotos, atividades agrícolas e agroquímicos que são percolados no solo e atinge o lençol freático, elementos radioativos, entre outros.

Atualmente nas grandes cidades, existem milhares de tanques de aço enterrados, armazenando derivados de hidrocarbonetos em postos de gasolina. Produtos de petróleo são transportados ao longo de muitos de quilômetros de oleodutos subterrâneos, além dos caminhões tanques que transportam óleo e gasolina que permanentemente estão circulando. Portanto não é admirável que estas fontes estejam produzindo vazamento e ameaçando deteriorar a qualidade das águas subterrâneas.

4.5 Petróleo e derivados

O Petróleo é um combustível fóssil não renovável que surgiu através de restos orgânicos de animais e vegetais depositados no fundo de lagos e mares sofrendo transformações químicas ao longo de milhares de anos. É uma substância inflamável que possui estado físico oleoso e com densidade menor do que a água (PETROBRÁS, 2014).

É também uma combinação complexa de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos, podendo conter também quantidades pequenas de nitrogênio, oxigênio, compostos de enxofre, íons metálicos, de níquel e vanádio. É

um recurso natural abundante, porém sua prospecção envolve elevados custos e complexidade de estudos.

“Os hidrocarbonetos são uma família de moléculas, cuja constituição consiste, essencialmente, em átomos de Carbono e Hidrogênio. A sua constituição varia desde moléculas mais simples e mais facilmente biodegradáveis, como o Metano, até compostos mais complexos, como os que incluem anéis de Benzeno”. (MOURA e SAMARA, 2005, p.203).

Além de gerar a gasolina que serve de combustível para grande parte dos automóveis que circulam no mundo, vários produtos são derivados do petróleo como, por exemplo, a parafina, GLP, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene, polímeros, solventes, óleos combustíveis, óleos lubrificantes, óleo diesel e combustível de aviação. A Tabela 1 mostra as frações derivadas do petróleo, sua composição, ponto de ebulição e sua principal utilização.

- Gasolina

A gasolina é líquida, volátil, inflamável e constituída quimicamente por uma mistura complexa de mais de 400 hidrocarbonetos alifáticos, ou seja, de carbonos e hidrogênios em cadeias. Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados, a gasolina também pode conter compostos de enxofre e compostos contendo nitrogênio. “A faixa de destilação da gasolina automotiva varia de 40 a 175 °C e cada litro queimado oferece o valor energético de 32,18MJ” (PETROBRÁS, 2014).

Os compostos da gasolina, que possuem maior importância ambiental são os compostos monoaromáticos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e três isômeros de xilenos, conhecidos como BTEX (Figura 1) que são substâncias tóxicas à saúde humana, atuando como depressores do sistema nervoso central (ZOBY et al., 2008, p.2) causando distúrbios de fala, visão, audição, controle dos músculos e tumores cerebrais, podendo levar à morte (SANDRES, 2004).

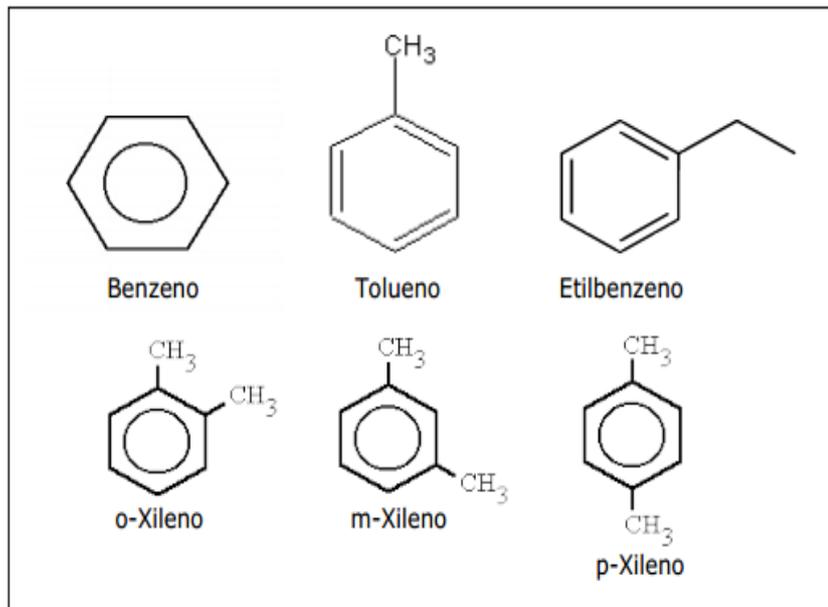


Figura 1: Hidrocarbonetos Determinados pela Análise BTEX, Fonte: NIOSH, 1998.

- GLP

O gás liquefeito de petróleo, popularmente conhecido como gás de cozinha é uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizados como combustível em aplicações de aquecimento em fogões e veículos. O GPL é uma mistura dos gases propano e butano.

“Uma molécula de propano é caracterizada pela presença de três átomos de carbono e oito átomos de hidrogênio (C₃H₈). Já o butano, pela presença de quatro átomos de carbono e dez átomos de Hidrogênio (C₄H₁₀)” (PETROBRÁS, 2014).

- Querosene

Também conhecido como óleo de parafina, o querosene é um líquido resultante da destilação fracionada do petróleo, com temperatura de ebulição entre 150 e 290 graus Celsius, fração entre a gasolina e o óleo diesel. É uma combinação complexa de hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos com um número de carbonos aproximadamente entre 9 a 16. Sua utilização é indispensável em aeronaves de propulsão a jato, sendo também comumente utilizado como combustível de aquecimento.

“O calor de combustão do querosene é semelhante ao do diesel: o seu poder calorífico mínimo gira em torno de 18.500 Btu / lb, ou 43,1 MJ / kg, enquanto que o seu poder calorífico máximo corresponde a 46.2MJ/kg” (PETROBRÁS, 2014).

- Diesel

O diesel é constituído basicamente por hidrocarbonetos. Possui concentrações baixas de enxofre, nitrogênio e oxigênio. É um produto inflamável, medianamente tóxico, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico. É bastante usado em pequenas instalações devido à facilidade de ser manuseado em comparação com os óleos combustíveis e por ser mais barato que o querosene.

No óleo diesel, destacam-se os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos também chamados de HPA (Figura 2) como os naftalenos, pois apresentam grande mobilidade e o benzopireno, pois foram encontradas evidências de ser carcinogênico (FINOTTI; CAICEDO; RODRIGUEZ, 2001).

”A densidade do diesel é de cerca de 0,853 kg/L, que é mais do que a gasolina em 12%. Cada litro quando queimado oferece um valor energético de 35,86 MJ e liberta 2,6 kg de CO₂. Ou seja 1 litro/100km = 26.5 g/km CO₂ usado para calcular as emissões dos veículos a diesel” (PETROBRÁS, 2006).

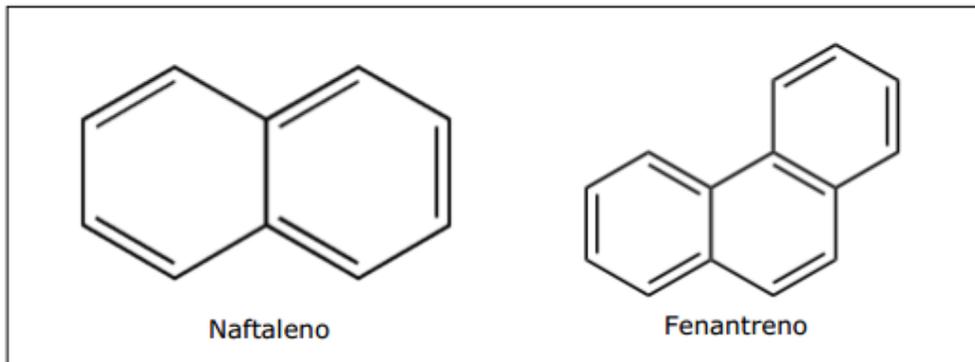


Figura 2: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos detectados pela análise PAH.
Fonte: NIOSH, 1998.

- Biodiesel

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis como óleos vegetais e gorduras animais derivado de biomassa renovável para geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente o combustível de origem fóssil. Sua fabricação é economicamente competitiva devido aos processos de produção atualmente utilizados, pois estes minimizam os custos devido à utilização de fontes renováveis de matéria-prima e catalisadores de

baixo custo, além deste combustível ser tecnicamente e ambientalmente aceitável.

“A utilização do biodiesel como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro. Em primeiro lugar, pela sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, e em segundo lugar como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados de petróleo”. (NETO, 1999, p).

A Tabela 1 apresenta os produtos que são obtidos através do refino do petróleo.

Tabela 1: Produtos do refino do petróleo

Gás Natural	1 a 2 carbonos CH ₄ (70% a 90%) C ₂ H ₆ (de 0.5 a 7%) H ₂ S CO ₂ N ₂ He	de -162 a -75	Combustível e matéria - prima na síntese de compostos orgânicos e na fabricação de plástico
Óleo diesel	15 a 18 carbonos	250 a 350	combustível de ônibus e caminhões
Óleo lubrificante	16 a 20 carbonos	300 a 400	lubrificante de máquinas e motores
Vaselina	acima de 20 carbonos	xxxxxxx	lubrificante, pomadas, cosméticos, indústria alimentícia
Parafina	sólidos de massa molar elevada	47 a 65	fabricação de velas, indústria de alimentos e cosmética, impermeabilização, revestimento de papel
GLP	3 a 4 carbonos	de -42 a 20	Combustível, gás de cozinha e matéria prima na síntese de compostos orgânicos e na fabricação de borracha
Éter de petróleo	5 a 6 carbonos	20 a 60	alta volatilidade
Benzina	7 a 8 carbonos	60 a 90	solvente orgânico
Nafta	8 a 9 carbonos	90 a 120	solvente e matéria prima na indústria petroquímica
Gasolina	6 a 10 carbonos	40 a 200	combustível de motores de explosão
Querosene	10 a 16 carbonos	150 a 300	iluminação, solvente, combustível doméstico e para aviões

Fonte: Petrobrás, 2014

4.6 Gerenciamentos de Áreas Contaminadas

A CETESB produziu o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e, atualmente, é utilizado como diretriz pelos estados brasileiros no gerenciamento de suas áreas contaminadas. Esse gerenciamento possui o intuito de diminuir os riscos que o meio ambiente e a população estão sujeitos devido à existência dessas áreas.

Em função do nível de informações referente à área estudada, estas podem ser classificadas como áreas potencialmente contaminadas, áreas suspeitas de contaminação e áreas contaminadas.

Conforme descrito no manual de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001), as áreas potencialmente contaminadas são aquelas onde ocorre ou ocorreu o manejo de substâncias cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem causar danos e/ou riscos aos bens a proteger.

As áreas suspeitas de contaminação são aquelas que foram observadas falhas no projeto, problemas na forma de construção, manutenção ou operação do empreendimento, indícios ou constatação de vazamentos durante a realização da etapa de avaliação preliminar. Esses indícios levam a suspeitar de presença de contaminação no solo e nas águas subterrâneas (CETESB, 2001).

Uma área contaminada pode ser definida como uma área onde há comprovadamente contaminação causada por quaisquer substâncias ou resíduos que pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (CETESB, 2001).

Após a identificação da área a ser analisada (área potencialmente contaminada) inicia-se a etapa de Avaliação Preliminar, que consiste na realização de um diagnóstico inicial do local, através do levantamento de informações sobre o local, informações coletadas nas inspeções realizadas na área e entrevistas com moradores e/ou proprietário da área. Nessa etapa há a possibilidade de verificar a necessidade da adoção de medidas emergenciais nas áreas; documentar a existência de evidências ou fatos que levem a suspeitar ou confirmar a contaminação nas áreas em avaliação e levantar informações que subsidiem o desenvolvimento das próximas etapas do gerenciamento.

Caso a área estudada for classificada com área supostamente contaminada, os dados coletados serão a base para a etapa de investigação

confirmatória, como a definição dos pontos de coletas de amostras e a profundidade de investigação.

A investigação confirmatória consiste na corroboração da existência de contaminação e verificação da necessidade de realização de uma investigação detalhada nas áreas suspeitas. Essa confirmação é baseada na comparação das análises de solo e água subterrânea com valores de intervenção em listas orientadoras. Caso seja confirmada a contaminação, a área é classificada como área contaminada e haverá a necessidade de iniciar o processo de recuperação da área.

Confirmada a contaminação, o órgão ambiental competente necessita definir quais medidas serão adotadas para prevenir um avanço da contaminação e determinar qual a natureza da contaminação, assim realiza-se a investigação detalhada, que é a primeira etapa do processo de recuperação de uma área contaminada. Essa investigação avalia a característica do contaminante e do meio contaminado, definindo as dimensões das áreas afetadas, as características das plumas de contaminação, levando-se em conta a geologia e hidrologia da região, a evolução da contaminação no tempo e espaço, as rotas de migração, entre outras (CETESB, 2001).

3. METODOLOGIA

Foi realizada duas campanhas de investigação confirmatória, uma no mês de outubro de 2013 e a outra em fevereiro de 2014. Primeiramente se realizou na área em estudo os trabalhos de investigação ambiental confirmatória, buscando-se identificar eventual contaminação no solo e/ou água subterrânea em decorrência das atividades desenvolvidas no local.

Na ocasião foram instalados 04 poços de monitoramento e coletadas 04 amostras de solo e água subterrânea para a análise química dos parâmetros BTEX e PAH. As concentrações dos parâmetros analisados se apresentaram inferiores aos valores de referência utilizados. Porém, durante os trabalhos de amostragem de água subterrânea, os poços PM-01 e PM-02 apresentaram em suas águas certa oleosidade e iridiscência, respectivamente, não apresentando, porém, até o final dos trabalhos de campo, lâminas de fase livre de produto. Diante do acima exposto e visando avaliar eventual ocorrência de lâminas de fase livre nos poços de monitoramento instalados na etapa pretérita de investigação foi realizada a segunda investigação, em especial nos poços PM-01 e PM-02.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

5.1.1 Descrição e dados do estabelecimento

A Viação Garcia LTDA é uma empresa de transporte de passageiros que está entre as cinco maiores empresas do setor no País e possui uma frota moderna de mais de 500 ônibus percorrendo 5,5 milhões de quilômetros por mês. A Garagem da cidade de Ribeirão Preto (Figura 3) está em operação desde 1982 até os dias atuais e está localizada na Avenida Barão do Bananal, nº2067 em São Paulo (Figura 4). As atividades desenvolvidas no local são a lavagem dos veículos e o armazenamento/abastecimento de combustível. A área total do terreno é de 4.664,85 metros quadrados.

A garagem possui dois tanques subterrâneos de armazenamento de óleo diesel cada um com a capacidade de 15.000 litros e com idade de uso de 30 anos, porém estes tanques já estão sendo trocados por sistemas de armazenamento aéreos para que seja mais fácil a detecção de algum vazamento já que em julho de 2013 ocorreu um vazamento durante o abastecimento de um

veículo, onde o bico da bomba de combustível desconectou-se do bocal de enchimento, ocasionando o derramamento do produto no local.

Devido ao fato da garagem ainda não possuir licença de instalação e operação foi necessária a realização do estudo de passivo ambiental e análise confirmatória para obtenção das mesmas, pois, de acordo com a Resolução Nº 273 de 29 de novembro 2000, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimentos potencialmente ou parcialmente poluidores ou geradores de acidentes ambientais. Por este motivo, para a instalação, modificação, ampliação e operação de postos de abastecimentos dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, para a segurança e saúde da população e do meio ambiente.



Figura 3: Garagem em Ribeirão Preto – SP. Fonte: Viação Garcia 2013.

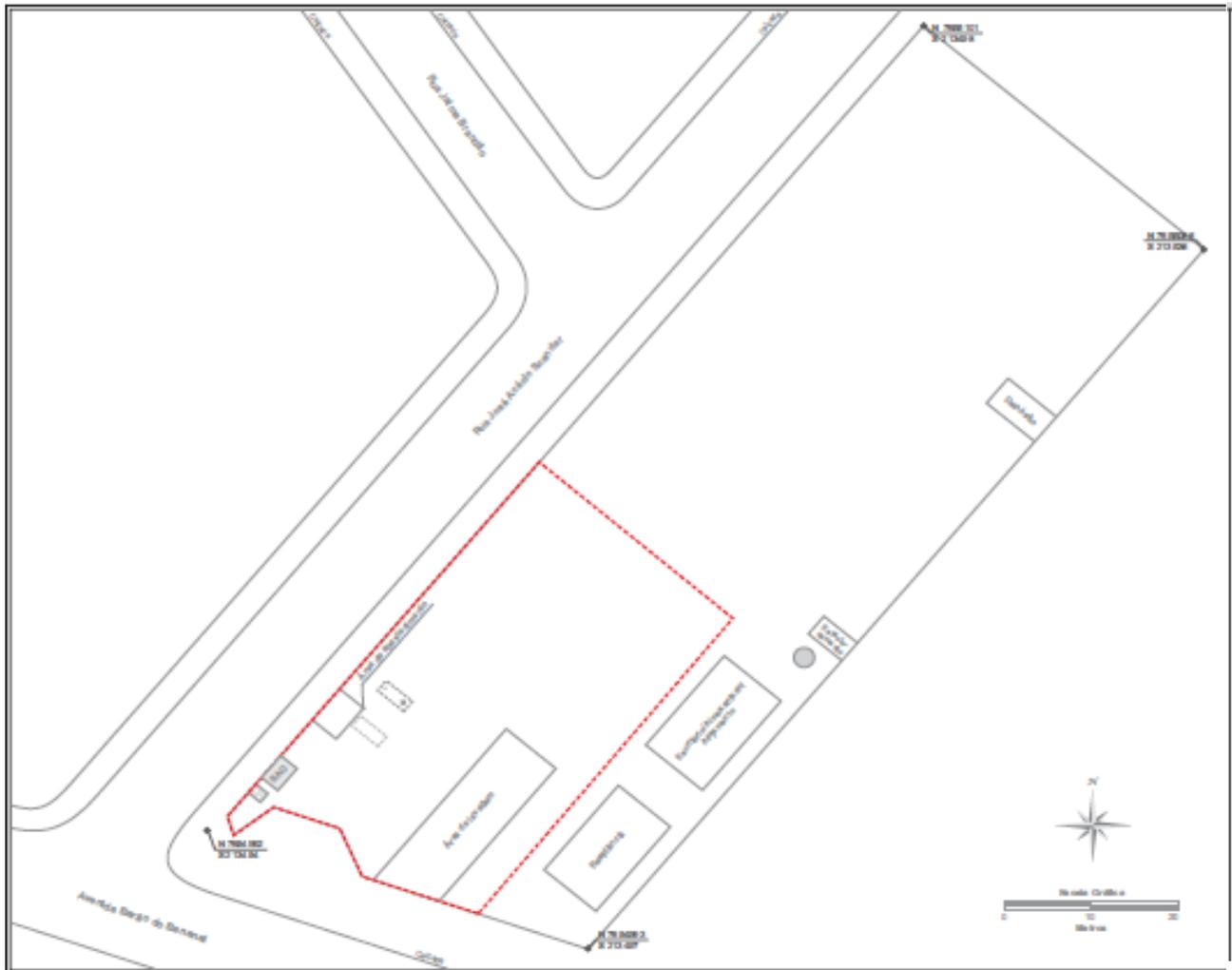


Figura 4: Localização do Empreendimento e da Área de Estudo. Fonte: Viação Garcia, 2014

5.1.2 Características da região

Ribeirão Preto é um município brasileiro no interior do estado de São Paulo, região sudeste do país. Pertence à Mesorregião e Microrregião de Ribeirão Preto, localizando-se a noroeste da capital do estado, distando desta cerca de 315 km. Situa-se a 21°10'40" de latitude sul e 47°48'36" de longitude oeste e ocupa uma área de 650,955 km², sendo que 127,309 km² estão em perímetro urbano e os 523,051 km² restantes constituem a zona rural, sua população foi estimada em 658 059 habitantes (IBGE, 2014).

O relevo de Ribeirão Preto apresenta-se predominância de áreas onduladas, sendo composto por colinas amplas e baixas e com topos tabulares. As altitudes encontram-se entre 500 e 700 metros e as declividades médias variam em torno de 2% a 10%. A altitude média do município é de 544,8 metros (IBGE, 2014).

Além dos rios Pardo e Mogi-Guaçu, cujas bacias são as maiores e mais abrangentes em Ribeirão Preto, o município também é banhado pelo Rio Grande, Rio Sapucaí, Rio Turvo e Rio Jacaré-Guaçu. O clima de Ribeirão Preto é tropical de altitude com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 21,7°C, tendo invernos secos e frios e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas. A precipitação média anual é de 1.422,5 mm, sendo julho o mês mais seco, quando ocorrem apenas 20,9 mm. Em janeiro, o mês mais chuvoso, a média fica em 265,0 mm. (CEPAGRI, 2014)

A vegetação original e predominante no município é a mata atlântica, sendo que a região possui fragmentos remanescentes de várias unidades fitogeográficas, tais como a floresta estacional semidecidual, a floresta paludosa e a floresta estacional decidual. (IPEF, 2013)

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo as principais unidades geológicas existentes no entorno da área em estudo são:

CENOZÓICO - Sedimentos Aluvionares (Qa): Aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulado variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços;

CENOZÓICO - Sedimentos Continentais Indiferenciados (Qi): Depósitos continentais incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza arenoargilosa e depósitos de caráter variado associado a encostas;

MEZOZÓICO - Sedimentos Correlatados à Formação Itaqueri (KTii): Arenitos conglomeráticos limonitizados, siltitos e conglomerados oligomítico;

MEZOZÓICO - Formação Serra Geral (JKsg): Arenitos conglomeráticos limonitizados, siltitos e conglomerados oligomíticos;

MEZOZÓICO - Formação Botucatu (JKb): Arenitos eólicos avermelhados de granulação fina e média, com estratificações cruzadas de médio e grande porte, depósitos fluviais restritos de natureza arenoconglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres;

MEZOZÓICO - Intrusivas Básicas Tubulares (JKB): Soleiras diabásicas, diques básicos em geral incluindo diabásicos, dioritos pórfiros, microdioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos;

MEZOZÓICO - Formação Pirambóia (TrJp): Depósitos fluviais e de planícies de inundação incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, sílítico-argilosos, de estratificação cruzada ou plano paralela; níveis de folhetos e arenitos argilosos de cores variadas e raras intercalações de natureza arenoconglomerática.

A Figura 5 apresenta a geologia da região onde se localiza a área em estudo.

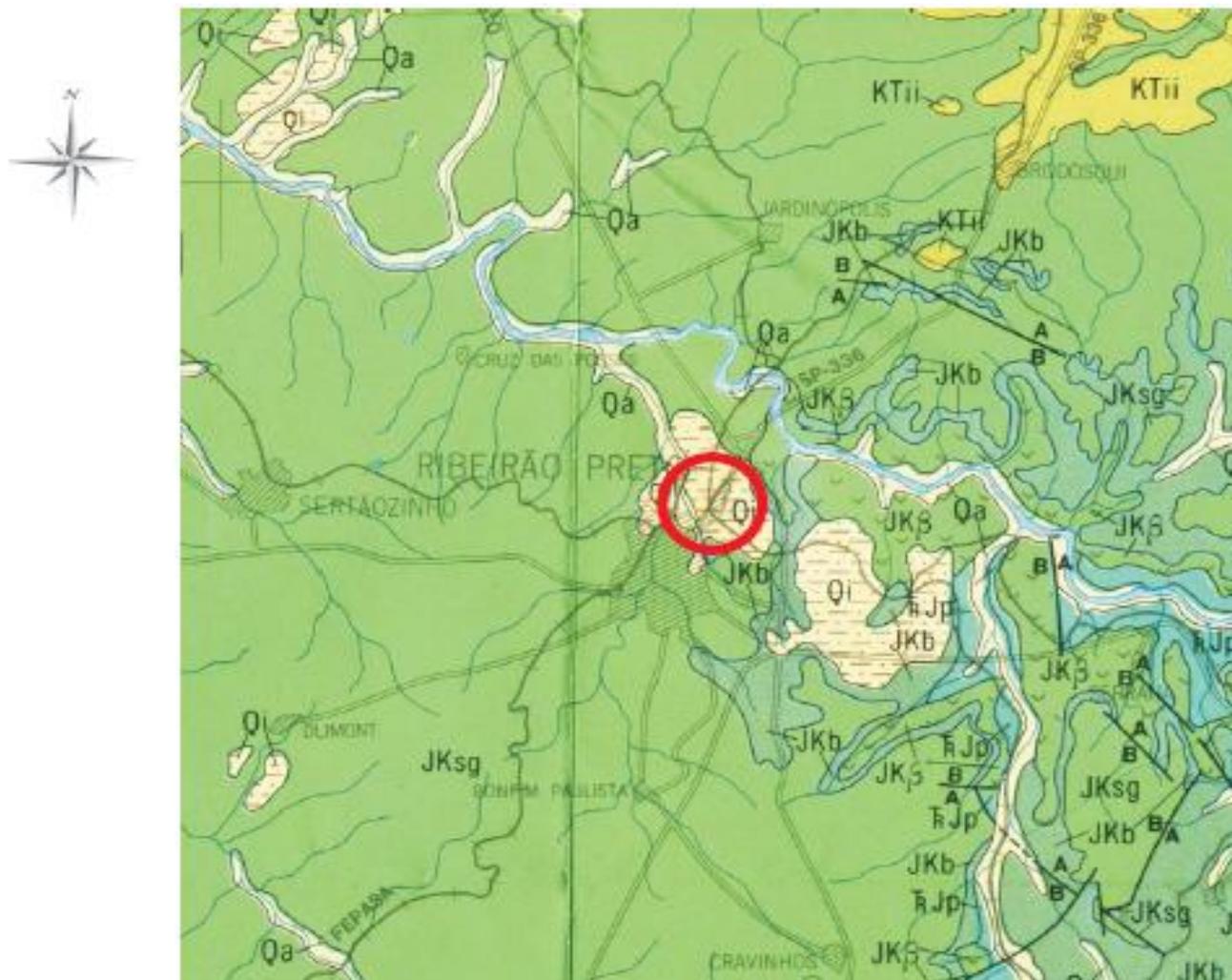


Figura 5: Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1981).

5.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS

5.2.1 Avaliação de Gases no Solo (Malha de COV)

O monitoramento de gases dos solos é uma ferramenta primária para avaliar a presença de compostos orgânicos voláteis e contaminação no solo e águas subterrâneas. A campanha de COV foi realizada utilizando-se aparelhos eletrônicos apropriados, que detectam e quantificam os gases típicos de derivados leves (combustíveis, solventes, nafta etc.).

A avaliação foi realizada na data de 16/10/2013 com objetivo de avaliar as concentrações de Gases Compostos Orgânicos Voláteis (COV) no solo e com a finalidade de auxiliar na seleção dos locais para execução das sondagens de investigação e instalação dos poços de monitoramento. Foi utilizado um analisador portátil de vapores orgânicos da marca GASTECH (Figura 6), modelo INNOVA Series. Seu princípio de aplicação baseou-se na quantificação de compostos orgânicos existentes no ar analisado.



Figura 6: Analisador GASTECH, modelo INNOVA Series. Fonte: Viação Garcia 2013.

As leituras de COV foram realizadas de acordo com o documento da CETESB “DECISÃO DE DIRETORIA N° 010/2006/C”, ou seja, através de perfurações executadas com perfuratriz de 1” de diâmetro onde é introduzida uma sonda de 3/4” de diâmetro, com orifícios de 3 mm de diâmetro em sua parte inferior e borracha de vedação em sua parte superior, conectada por mangueira de teflon ao analisador de gases, nas profundidade de 0,5 m seguida das medições de COV in situ.

A Figura 7 apresenta a localização dos pontos de medição de gases e os teores obtidos assim como as sondagens de investigação.

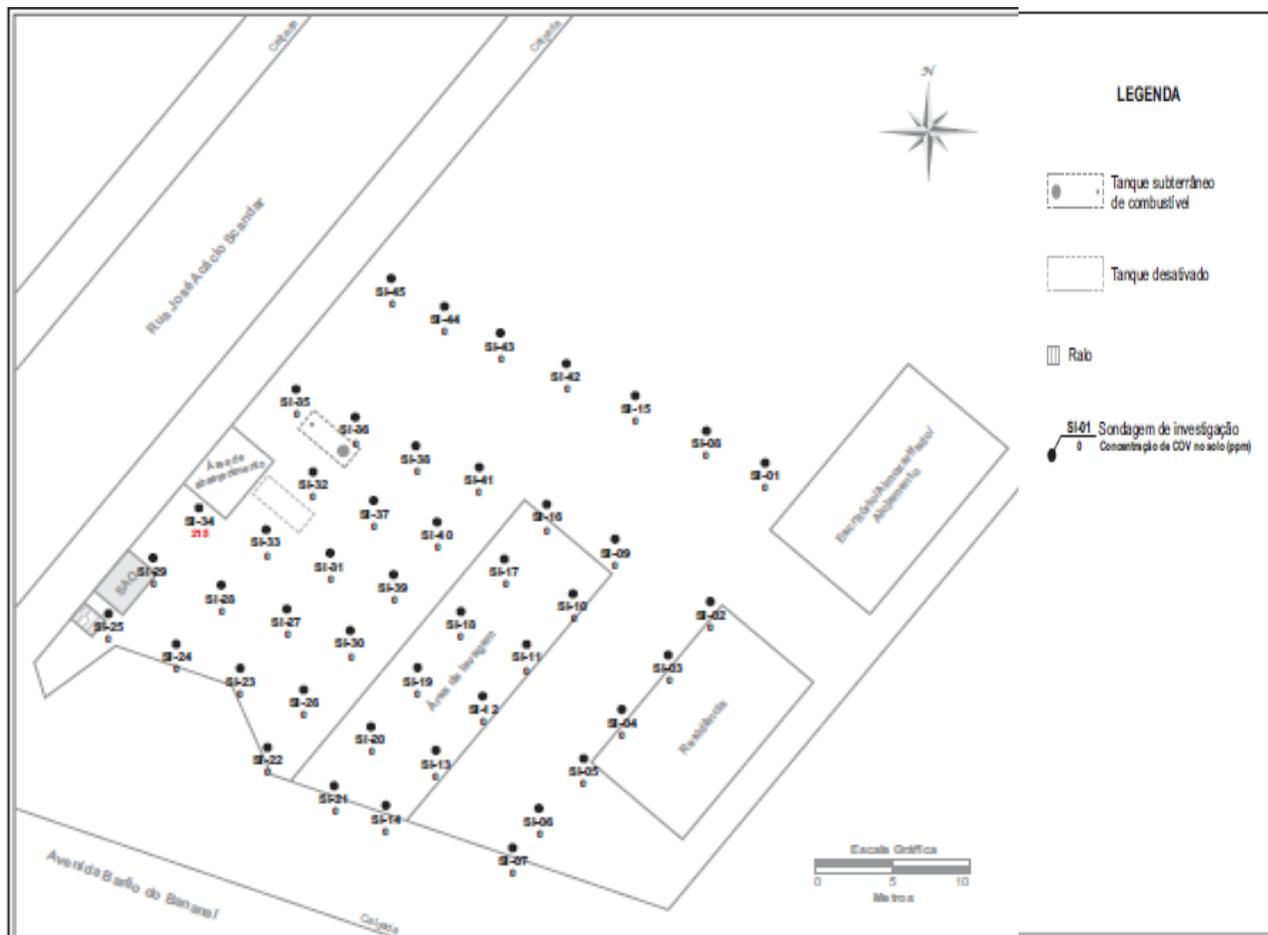


Figura 7: Pontos de Medição de Gases e Sondagem de Investigação. Viação Garcia, 2013.

As sondagens foram executadas com base na NBR 15.495 (ABNT, 2007), fazendo o uso de trado manual de 4 polegadas de diâmetro, com o solo sendo analisado tátil e visualmente para avaliação da presença ou não de indícios de hidrocarbonetos e descrito quanto à textura, cor e granulação. Ao longo da execução das sondagens foram coletadas amostras de solo a cada 0,5 m onde são efetuadas medições de COV. A partir das sondagens foi possível determinar os parâmetros geológicos e hidrogeológicos pertinentes da área estudada.

5.2.2 Poços de Monitoramento

Os poços de monitoramento são usados principalmente para: efetuar medições do nível d'água subterrânea a serem utilizadas na elaboração de mapas potenciométricos; coleta de amostras de água subterrânea para caracterização geoquímica, investigação da contaminação e extensão das plumas; realização de ensaios hidrogeológicos para determinação de velocidades e direções de fluxo das águas subterrâneas, condutividades hidráulicas, dispersividades e retardamentos.

Foi realizada pesquisa para o levantamento e cadastramento de poços de monitoramento perfurados na área de estudo. As informações obtidas dos poços de monitoramento serviram à investigação e à caracterização da ocorrência das águas subterrâneas locais, a partir dos dados de medição dos níveis saturados, em conjunto com os valores das cotas topográficas, foi determinada a superfície freática do local. O equipamento utilizado na perfuração dos poços foi o trado mecanizado helicoidal.

A partir dos dados levantados dos poços de monitoramento locais foi feita uma modelagem matemática do fluxo subterrâneo para a determinação da direção das suas linhas de fluxo. Os resultados obtidos foram plotados em um mapa base (Figura 9 e 10) com o auxílio do software Surfer 8.0. Para calcular a carga hidráulica é necessário utilizar a Equação de Bernoulli onde: H_z = energia de posição (Z), H_p = energia de pressão (P/g) e H_v = energia de velocidade ($V^2/2g$).

$$H = H_z + H_p + H_v \quad (4)$$

O nível d'água local foi obtido utilizando-se um medidor eletrônico composto por um cabo elétrico revestido por uma fita (trena) com marcação milimétrica conectado a um sensor de interface em sua extremidade inferior. O sensor de interface, quando atinge o nível d'água, emite um sinal sonoro intermitente que permite a identificação do nível d'água conforme norma NBR 15495-1 (ABNT 2007). No caso de ocorrência de fase-livre sobrenadante o equipamento acusa sua existência através da emissão de um sinal sonoro contínuo, o que possibilita determinar a espessura da fase livre.

O solo proveniente da perfuração dos poços de monitoramento foi acondicionado em tambores metálicos com capacidade de 200 litros, os quais foram devidamente identificados. Os tambores foram dispostos em local específico do estabelecimento para posterior destinação final, de responsabilidade do próprio contratante.

Ao término da instalação dos poços foram construídas as caixas de proteção sanitária dos mesmos, com assentamento de câmaras de calçada rente ao piso. Complementarmente, foi efetuado o levantamento das cotas topográficas relativas dos mesmos, tomando-se como referência um N.R. (nível de referência) arbitrário. Para a realização do levantamento topográfico foi utilizado um aparelho de mira a laser.

Os locais selecionados para a investigação foram às áreas de ocorrência das maiores concentrações de compostos orgânicos voláteis no solo, definidas pela malha de COV, próximos às principais fontes primárias potenciais.

A Figura 8 apresenta a localização dos poços de monitoramento instalados.

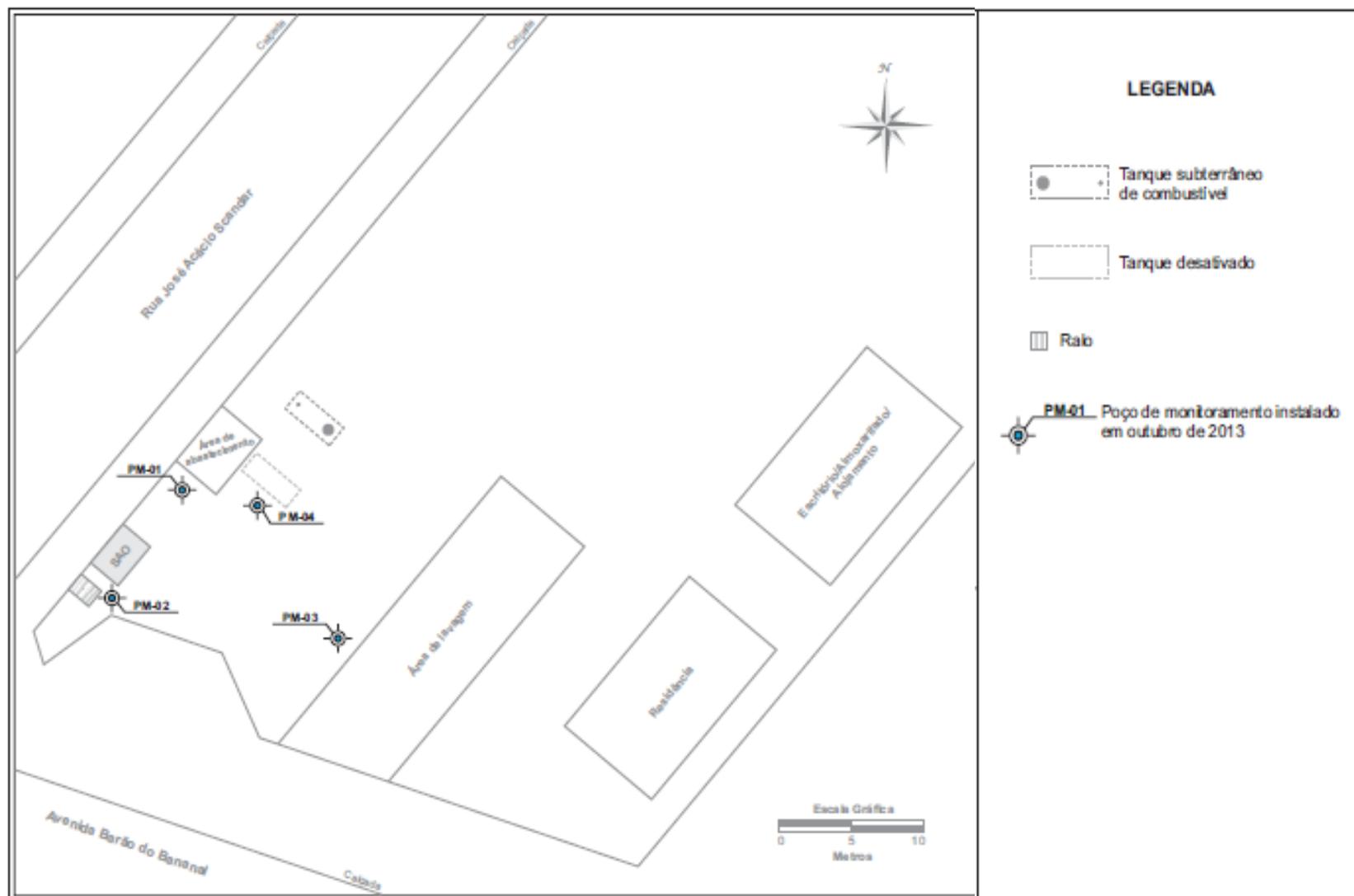


Figura 8: Localização dos poços de monitoramento. Fonte: Viação Garcia, 2013.

5.2.3 Amostragem do Solo para Análise Química

A amostragem de solo ocorreu durante a realização das sondagens. O equipamento utilizado para a amostragem foi o amostrador (tipo *Terzaghi*) com *liner* de PVC em seu interior.

Durante a perfuração, foi realizada a cravação do amostrador (*liner*) na profundidade de cada ponto de coleta. Este procedimento se repetiu até que fosse atingido o nível d'água. A amostra coletada com o *liner* foi dividida em duas alíquotas, sendo a primeira destinada à medição de COVs e a outra identificada e armazenada em *cooler* refrigerado. O equipamento utilizado para a medição de COVs foi o *Thermo GASTECH SV* Modelo *Innova* (com exclusão do Metano).

A amostra foi acondicionada em um recipiente plástico, o qual foi vedado e no seu interior a amostra foi destorroada e agitada vigorosamente por 15 segundos. Após aproximadamente 10 minutos a amostra sofreu outra agitação por mais 15 segundos e inseriu-se o *probe* do GASTECH no recipiente. Logo após estes procedimentos, se fez a leitura e registrou-se o valor a temperatura ambiente. (DECISÃO DE DIRETORIA N° 010/2006/C).

O critério de seleção da amostra para análise química foi que a amostra deveria ser correspondente ao horizonte com maior concentração de COVs. No caso da ocorrência de valores nulos em todas as medições em uma mesma sondagem ou coincidência de concentrações entre horizontes, seria selecionada a amostra situada junto à franja capilar. Foram selecionadas no total 4 amostras, preservadas e mantidas sob refrigeração a 4°C até sua chegada ao laboratório.

Em laboratório foram analisados os parâmetros de BTEX e PAH conforme descrito no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB - (SASC). O método de determinação do parâmetro BTEX utilizado pelo laboratório foi o EPA 8260(C) / EPA 5021(A) e do parâmetro PAH foi o EPA 8270 (D) / EPA 3550 (C).

5.2.4 Amostragem de Água Subterrânea

A coleta de água subterrânea foi realizada nos poços de monitoramento presentes na área investigada. O método de amostragem foi o convencional,

com a utilização de um *bailer* descartável para cada poço. Para a preservação das amostras elas foram mantidas sob refrigeração a 4°C (média de 2°C) até sua chegada ao laboratório. A determinação dos compostos orgânicos voláteis foi feita por cromatografia gasosa-espectrometria de massa/head space (GC/MS). Os parâmetros químicos analisados foram: BTEX e PAH conforme descrito no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB - (SASC). O método de determinação do parâmetro BTEX utilizado pelo laboratório foi o EPA 8260(C) / EPA 5021(A) e do parâmetro PAH foi o EPA 8270 (D) / EPA 3510 (C).

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Avaliações de Gases no Solo

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos nas análises dos compostos orgânicos voláteis no solo.

Tabela 2: Concentração de Compostos Orgânicos no Solo - Malha de COV

Concentração de Compostos Orgânicos no Solo - Malha de COV					
sondagem	profundidade (m)	concentração (ppm)	sondagem	profundidade (m)	concentração (ppm)
SI - 01	1	0	SI - 24	1	0
SI - 02	1	0	SI - 25	1	0
SI - 03	1	0	SI - 26	1	0
SI - 04	1	0	SI - 27	1	0
SI - 05	1	0	SI - 28	1	0
SI - 06	1	0	SI - 29	1	0
SI - 07	1	0	SI - 30	1	0
SI - 08	1	0	SI - 31	1	0
SI - 09	1	0	SI - 32	1	0
SI - 10	1	0	SI - 33	1	0
SI - 11	1	0	SI - 34	1	0
SI - 12	1	0	SI - 35	1	0
SI - 13	1	0	SI - 36	1	0
SI - 14	1	0	SI - 37	1	0
SI - 15	1	0	SI - 38	1	0
SI - 16	1	0	SI - 39	1	0
SI - 17	1	0	SI - 40	1	0
SI - 18	1	0	SI - 41	1	0
SI - 19	1	0	SI - 42	1	0
SI - 20	1	0	SI - 43	1	0
SI - 21	1	0	SI - 44	1	0
SI - 22	1	0	SI - 45	1	0
SI - 23	1	0	SI - 46	1	0

Fonte: Viação Garcia, 2013.

Durante todo o histórico de serviços ambientais na área do empreendimento foram executadas um total de 46 sondagens cada uma com profundidade de 1 metro de acordo com o (SASC), observando os resultados não apresentaram concentrações de compostos orgânicos voláteis.

A Figura 9 abaixo mostra o resultado da análise de solo realizada, Padrões de Controle Analítico – PCA para o composto D-6 BENZENO, o valor encontrado foi de 107%, com faixa de aceitação entre 70% e 130%.

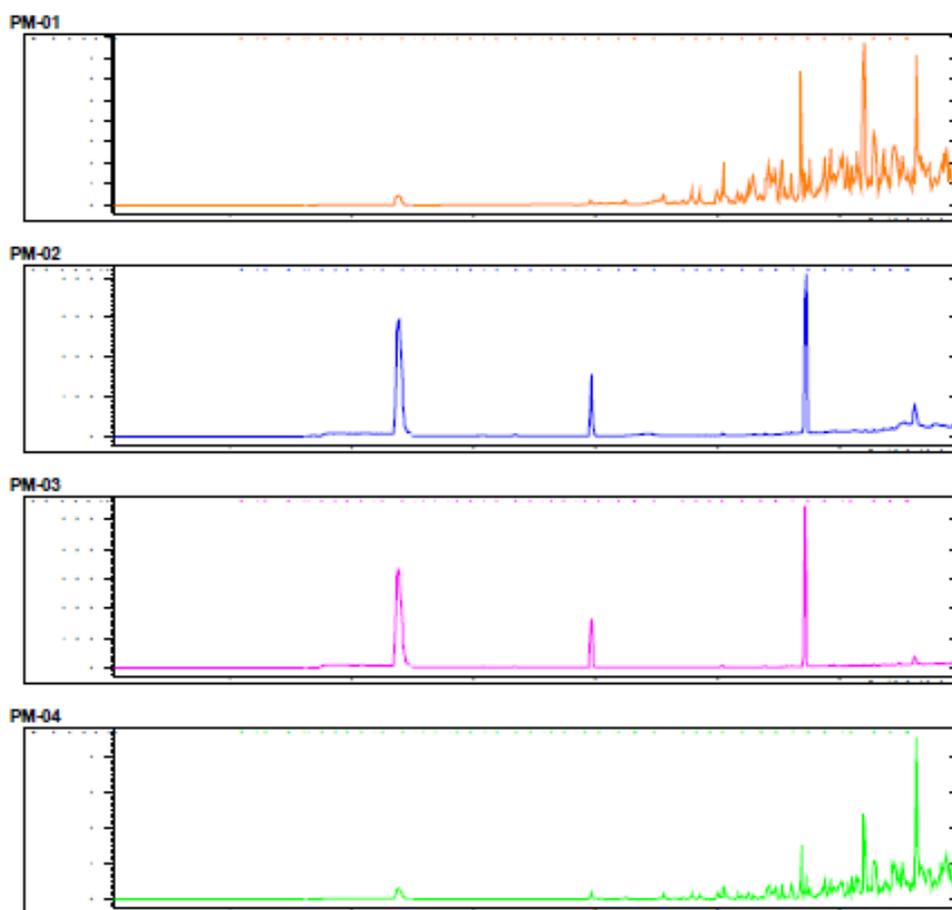


Figura 9: Análise em amostra de solo. Fonte Viação Garcia, 2014.

6.2 Amostras de Solo para Análise Química

A Tabela 3 apresenta as leituras de COVs realizadas em cada um dos pontos de amostragem e as respectivas profundidades de coleta das amostras de solo nos poços de monitoramento.

Tabela 3: Concentrações de COV's Medidas Durante as Perfurações

Concentrações de COV's Medidas Durante as Perfurações					
Profundidade (m) PM - 01	COV(ppm) PM - 01	Temp (°C) PM -01	Profundidade (m) PM - 02	COV(ppm) PM - 02	Temp (°C) PM -02
1.0	0	23	1.0	0	23
2.0	0	23	2.0	0	23
3.0	0	23	3.0	0	23
4.0	0	23	4.0	0	23
5.0	0	23	5.0	0	23
6.0	0	23	6.0	0	23
7.0	380	23	7.0	0	23
8.0	780	23	8.0	0	23
Profundidade (m) PM - 03	COV(ppm) PM - 03	Temp (°C) PM -03	Profundidade (m) PM - 04	COV(ppm) PM - 04	Temp (°C) PM -04
1.0	0	24	1.0	0	24
2.0	0	24	2.0	0	24
3.0	0	24	3.0	0	24
4.0	0	24	4.0	0	24
5.0	0	24	5.0	0	24
6.0	0	24	6.0	0	24
7.0	0	24	7.0	20	24
8.0	0	24	8.0	120	24

Fonte: Viação Garcia, 2013.

De acordo com a Tabela 3, a investigação de contaminação por hidrocarbonetos em fase vapor foi realizada por meio das sondagens investigatórias em diferentes profundidades, pode-se observar que as concentrações variaram de valores nulos até uma concentração máxima de 780 ppm. Verificou-se quatro pontos críticos: no poço 1 com os valores de 380ppm e 780ppm e no poço 4 com 20ppm e 120ppm, sendo que ambos os pontos encontram-se próximos a área do acidente.

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises químicas das amostras de solo coletadas.

Tabela 4: Análise química das amostras de solo

Concentração no Solo ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) - Outubro 2013					
Parâmetros Analisados	PM -01	PM -02	PM -03	PM -04	Valor Referência CETESB
Benzeno	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	80
Tolueno	< 0.1	< 1	< 1	< 1	30
Etilbenzeno	607	< 1	< 1	38	40
Xilenos	4.914	1	< 2	362	30
Naftaleno	1.48	< 5	< 5	540	60
Acenafleno	450	< 5	< 5	< 200	57.9
Acenaftaleno	< 5	< 5	< 5	< 5	62.900.000
Fluoreno	1.13	< 5	< 5	380	44
Fenantreno	2.78	< 5	< 5	680	40
Antraceno	< 250	< 5	< 5	< 200	4.040.000.000
Fluoranteno	< 250	< 5	< 5	< 5	38.3
Pireno	330	< 5	< 5	< 200	27.6
Benzo (a) Antraceno	< 250	< 5	< 5	< 5	20
Criseno	< 250	< 5	< 5	< 200	1.42
Benzo (b) Fluoranteno	< 5	< 5	< 5	< 5	3.61
Benzo (k) Fluoranteno	< 5	< 5	< 5	< 5	1.89
Benzo (a) Pireno	< 5	< 5	< 5	< 5	1.5
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	< 5	< 5	< 5	< 5	25
Dibenzo (a,h) Antraceno	< 5	< 5	< 5	< 5	600
Benzo (g,h,i) Pirileno	< 5	< 5	< 5	< 5	não estabelecido

* BTEX e PAH's

Fonte: Viação Garcia, 2013.

Analisando os valores da tabela pode-se observar que as concentrações no solo do poço 1 e 4 para as substâncias BTEX e PAH's estiveram acima dos valores de referência, de acordo com a CETESB. Para o Etilbenzeno foi encontrado o valor de $607\mu\text{g}$ por kg de solo no poço 1 sendo que o valor máximo aceitável é de $40\mu\text{g}/\text{Kg}$. Para os Xilenos foi encontrado o valor de $4.914\mu\text{g}/\text{Kg}$ e $362\mu\text{g}/\text{Kg}$ nos poços e 1 e 4 respectivamente, sendo que o valor máximo aceitável é de $30\mu\text{g}/\text{Kg}$. Para o Naftaleno foi encontrado o valor de $540\mu\text{g}/\text{Kg}$ no poço 4, sendo que o valor máximo aceitável é de $60\mu\text{g}/\text{Kg}$. Para o Acenafleno foi encontrado no poço 1 o valor de $450\mu\text{g}/\text{Kg}$,

sendo que o valor máximo aceitável pela norma de referência é de 57,9 µg/Kg. No poço 4 foi encontrado o valor de 380 µg/Kg para o Fluoreno, sendo que o valor máximo aceitável é de 40 µg/Kg e 680 µg/Kg para o Fenantreno com valor máximo aceitável de 38.3 µg/Kg. Para o poço 1 foram encontrados o valor de 330 µg/Kg para o Pireno, sendo que a norma de referência apresenta o valor máximo de 27.6 µg/Kg.

6.3 Poços de Monitoramento

6.4

O sentido preferencial do fluxo da água subterrânea é de nordeste para sudoeste, a profundidade do nível de água está entre 7,96 e 8,10 metros e o gradiente hidráulico médio é aproximadamente 5%.

A Figura 10 mostra o perfil litológico construtivo dos poços de monitoramento e a Tabela 5 os dados construtivos dos mesmos.

Tabela 5: Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento

Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento - Outubro 2013								
Poço	Prof. Instalada (m)	Diâmetro (m)	Seção Filtrante (m)	Cota Relativa (m)	Nível d'Água Medido (m)	Lâmina de Fase Livre (m)	Nível de Água Corrigido (m)	Carga Hidráulica (m)
PM - 01	10.0	2.0	3.0	100.00	8.10	0	8.10	91.9
PM - 02	9.8	2.0	3.0	99.85	8.00	0	8.00	91.9
PM - 03	10.5	2.0	3.0	99.99	7.96	0	7.96	92.0
PM - 04	10.5	2.0	3.0	100.06	8.00	0	8.00	92.1

Fonte: Viação Garcia, 2013.

As perfurações efetuadas detectaram a existência de um único horizonte litológico relativamente homogêneo, composto por silte argiloso de cor marrom e a presença de aquífero superficial (freático), do tipo livre e poroso (granular). Verificando as figuras 9 e 10 dos mapas potenciométricos é possível notar a mudança na direção do fluxo da água subterrânea de sudoeste (outubro de 2013) para sudeste (fevereiro de 2014). Não é normal que haja ocorrência de mudança de fluxo, fato que pode ser explicado com o aumento da pluviosidade no mês de fevereiro na região estudada.

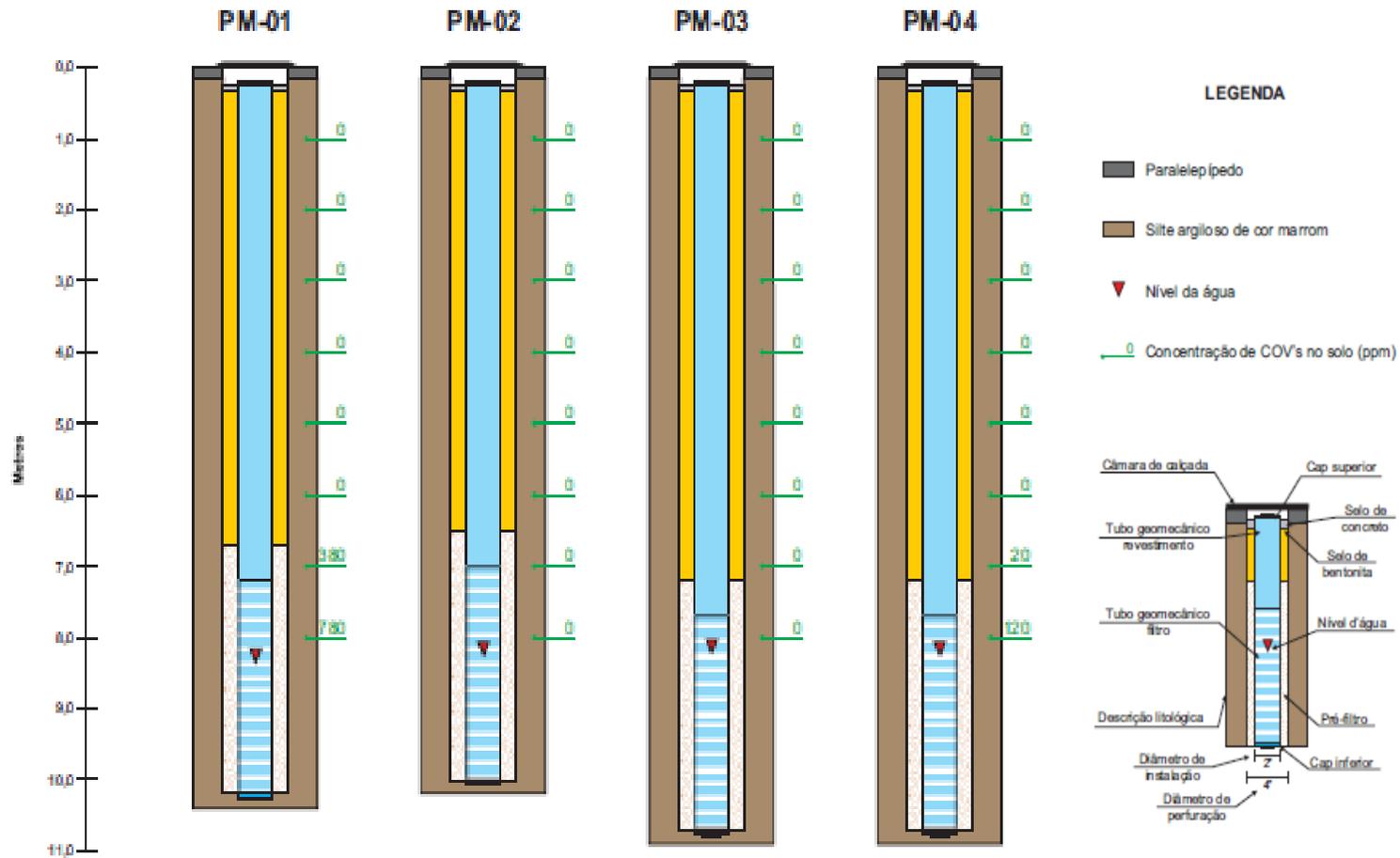


Figura 10: Perfil Litológico construtivo dos poços de monitoramento, Viação Garcia, 2013.

A Figura 11 mostra o mapa potenciométrico da região do primeiro estudo em outubro de 2013.



Figura 11: Mapa potenciométrico da região de estudo em outubro de 2013. Fonte: Viação Garcia, 2013

A Figura 12 mostra o mapa potenciométrico da região do segundo estudo em fevereiro de 2014.

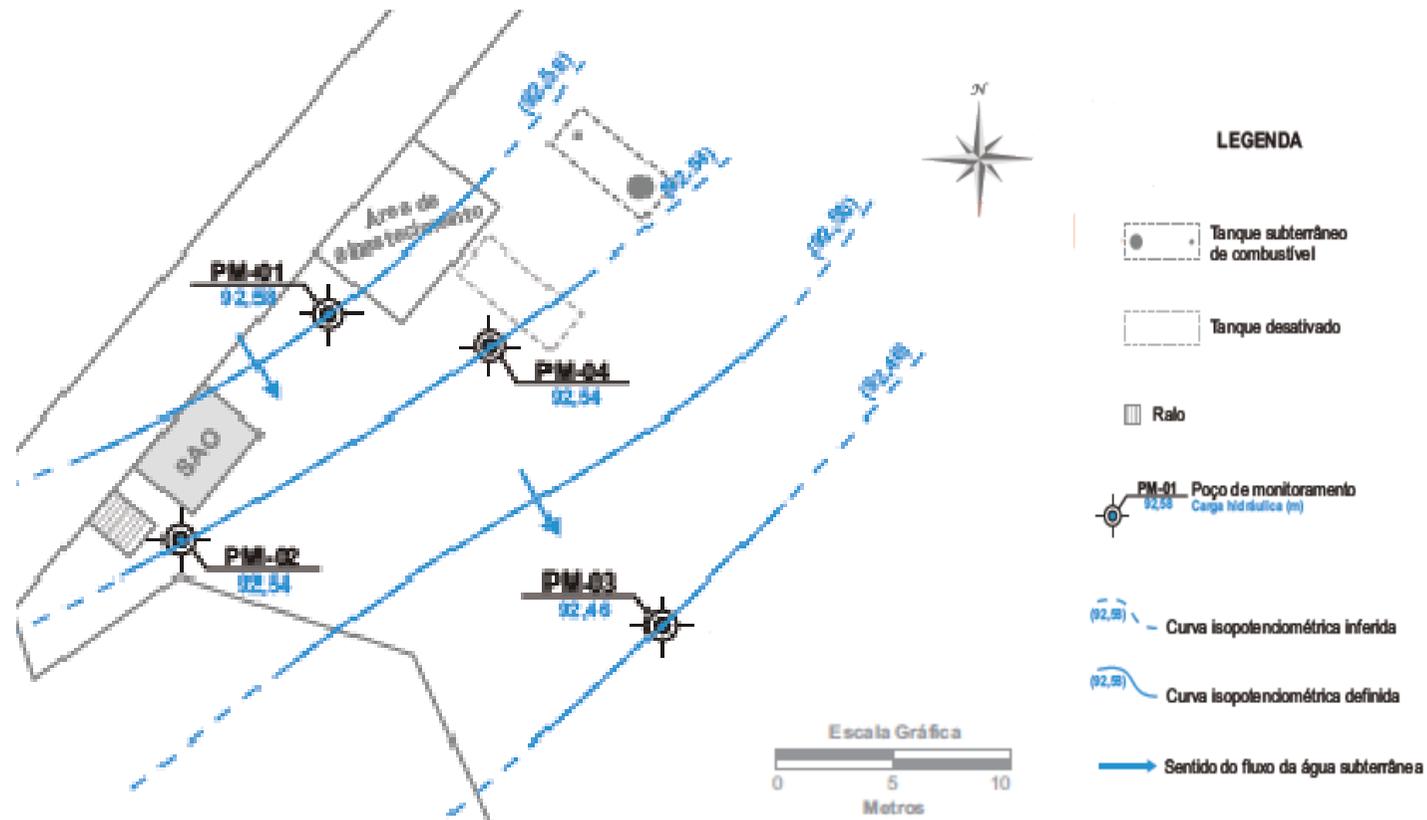


Figura 12: Mapa potenciométrico da região de estudo em fevereiro de 2014. Fonte: Viação Garcia, 2014.

6.5 Amostras de Água Subterrânea

A Tabela 6 apresenta os resultados das análises químicas das amostras de água.

Tabela 6: Análise química das amostras de água subterrânea

Concentração na Água Subterrânea - Outubro 2013					
Parâmetros Analisados	PM -01	PM -02	PM -03	PM -04	Valor Referência CETESB
Benzeno	2.9	< 0.1	< 0.1	< 0.1	5
Tolueno	2.8	< 1.0	< 1.0	< 1.0	700
Etilbenzeno	36.7	< 0.1	< 0.1	12.3	300
Xilenos	351.0	< 0.2	< 0.2	215.1	500
Naftaleno	0.05	< 0.003	0.01	0.23	140
Acenafleno	0.036	< 0.003	< 0.003	0.79	2.130
Acenaftaleno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	2.190
Fluoreno	0.64	< 0.003	< 0.003	1.96	1.460
Fenantreno	0.59	< 0.003	0.01	2.62	140
Antraceno	0.03	< 0.003	< 0.003	0.08	10.600
Fluoranteno	< 0.01	< 0.003	0.02	0.02	260
Pireno	0.04	< 0.01	0.03	0.08	135
Benzo (a) Antraceno	< 0.01	< 0.003	< 0.003	< 0.01	1.75
Criseno	< 0.01	< 0.003	< 0.003	0.03	2
Benzo (b) Fluoranteno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.001	1.20
Benzo (k) Fluoranteno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.8
Benzo (a) Pireno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.7
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.17
Dibenzo (a,h) Antraceno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.18
Benzo (g,h,i) Pirileno	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	não estabelecido

* BTEX e PAH's

Fonte Viação Garcia, 2013.

Analisando os valores da tabela acima pode-se observar que em relação as concentrações na água subterrânea de BTEX e PAH's estiveram abaixo dos valores de referência, de acordo com a CETESB.

A Figura 13 abaixo mostra o resultado da análise de água subterrânea realizada, Padrões de Controle Analítico – PCA para o composto D-6 BENZENO, o valor encontrado foi de 85%, com faixa de aceitação entre 70% e 130%.

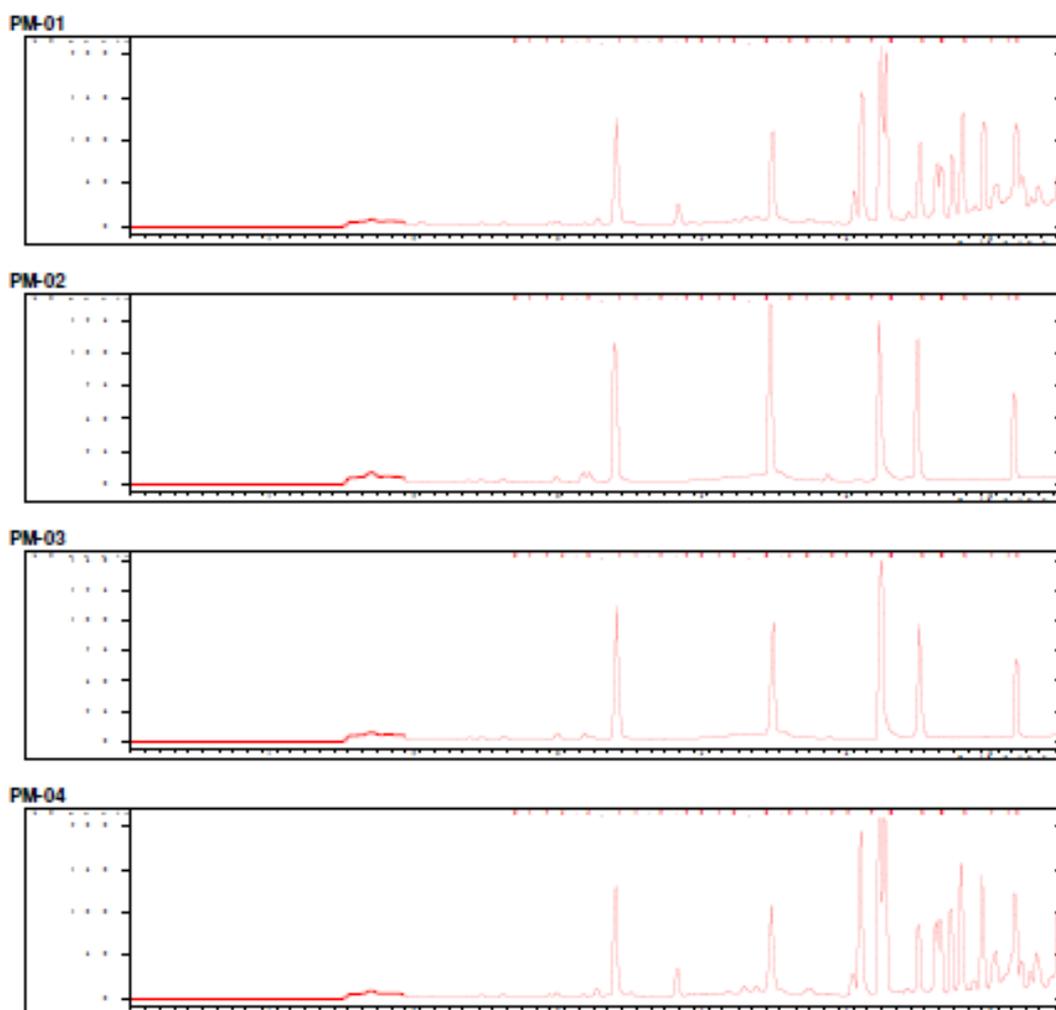


Figura 13: Análise em amostra de água subterrânea. Fonte Viação Garcia, 2014

6.6 Monitoramento do Nível de Água e Fase Livre

Diante dos resultados obtidos nas análises de solo e água subterrânea já citados, os poços 1 e 2 apresentaram em suas águas certa oleosidade e iridiscência, não apresentando, porém, até o final dos trabalhos de campo, lâminas de fase livre de produto. Assim foi recomendada a realização de novo evento de monitoramento dos poços, em especial nos poços 1 e 2, aproximadamente três meses após a instalação dos mesmos, visando avaliar eventual ocorrência de lâmina de fase livre nos poços de monitoramento instalados.

A Tabela 7 apresenta os dados construtivos dos poços de monitoramentos, procedimento realizado em fevereiro de 2014.

Tabela 7: Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento

Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento - Fevereiro 2014								
Poço	Prof. Instalada (m)	Diâmetro (m)	Seção Filtrante (m)	Cota Relativa (m)	Nível d'Água Medido (m)	Lâmina de Fase Livre (m)	Nível de Água Corrigido (m)	Carga Hidráulica (m)
PM - 01	10.0	2.0	3.0	100.00	7.42	0	7.42	92.58
PM - 02	9.8	2.0	3.0	99.85	7.31	0	7.31	92.54
PM - 03	10.5	2.0	3.0	99.99	7.53	0	7.53	92.46
PM - 04	10.5	2.0	3.0	100.06	7.52	0	7.52	92.54

Fonte: Viação Garcia, 2014.

Analisando os valores descritos na tabela acima, pode-se verificar que não foi observada a presença de lâminas de produto sobrenadante no lençol freático em quaisquer dos poços de monitoramento existentes na área, ou seja, não existiu a contaminação por hidrocarbonetos em fase livre.

7. CONCLUSÕES

Durante a execução dos trabalhos de perfuração em outubro de 2013 não foi verificada a presença de produto oleoso em fase pura no solo nos pontos investigados; mas foram registradas concentrações de COV durante a execução das sondagens referentes aos poços PM-01 e PM-04, os quais se encontram instalados próximos à área de abastecimento e tancagem, respectivamente. Também não foi constatada, a ocorrência de lâmina de fase livre em quaisquer dos poços de monitoramento, sendo observada porém a presença de oleosidade e iridiscência nos poços PM-01 e PM-02, respectivamente, indicando a possibilidade de existência de produto em fase pura no solo nas adjacências desses poços;.

Após o novo trabalho de monitoramento e investigação em fevereiro de 2014, não foi observada a presença de lâminas de produto sobrenadante ao lençol freático em quaisquer dos poços de monitoramento existentes na área, ou seja, não foram encontradas evidências de hidrocarbonetos derivados de petróleo na água subterrânea da região apesar da ocorrência do derramamento de óleo diesel em outubro de 2013.

Podemos concluir que a presença de oleosidade e iridiscência nos poços analisados foram eliminadas pela própria capacidade de auto recuperação do meio, ou seja, a sua resiliência. Porém, mesmo com a ausência de compostos que indiquem contaminação é importante o monitoramento e o desenvolvimento de estudos mais aprofundados para a preservação do solo e água na região.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, 2010. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em 07 de Agosto de 2014.

ATSDR. **Toxicological Profile For Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)**. Atlanta, 1999.

BENTO, D. M. **Análise Química da Degradação dos Hidrocarbonetos de Óleo Diesel no Estuário da Lagoa dos Patos – Rio Grande/RS**. 2005. 112f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005.

BERGER, T. M. **Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos totais de petróleo: enfoque na aplicação do processo Terraferm**. 2005. 86f. Tese (Doutorado em Ecologia)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BRASIL. **Lei N°3.858** de 03/11/1980. Institui o Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais e dá outras providências.

BRASIL. **Lei N° 6.938** de 31/08/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA (CEPAGRI).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Decisão da Diretoria N° 195/2005/E** – Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo>> Acesso em: Out de 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 420/2009** – Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 30 de Agosto de 2014.

DAL FORNO, R. G. **Avaliação da poluição do solo por derivados de petróleo e sua remediação**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2006. 80p. Acesso em Setembro de 2014.

HORN, R. & SMUCKER, A. A formação da estrutura e sua conseqüência para o gás e transporte de água em solos aráveis e florestais insaturados. **Solo e cultivo do solo Research**, Amsterdam, 2005. v. 82, n. 1, p. 14–18.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm>. Acesso em: 21 julho de 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)

IRITANI, M. A., EZAQUI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico. 2008.

MOURA, A. SAMARA, F. O que são hidrocarbonetos. Disponível em: <http://www.Bioremediacao\hidrocarbonetos\2 Rosas O que são os Hidrocarbonetos.htm>>. Acesso em: Outubro de 2014.

NETO, P.F. da S., SANTOS, R., RIZZO. A. Estudo da aplicação de material estruturante na biorremediação de solos contaminados por petróleo em biorreator. Acesso em: Setembro de 2014. Disponível em: <www.cetem.gov.br >.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH), Polynuclear aromatic hydrocarbons by HPLC: method 5506. NIOSH manual of analytical methods (NMAM), 4 ed., 1998.

PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A. Óleo diesel. Disponível em: revitalização de áreas contaminadas: Aspectos técnicos, legais e financeiros.

PETROBRÁS. **Mercado brasileiro é destaque de palestra no IBEF**, 2011. Disponível em <<http://fatosedados.blogspetrobras.com.br/2011/09/14/barbassa-destaca-importancia-do-mercado-brasileiro-para-a-companhia/>>. Acesso em outubro de 2014.

PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 247.

PRIMAVESI, ANA. Manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 2002. p. 549.

SANCHEZ, Luís Enrique. Revitalização de áreas contaminadas: Remediação e Contaminação.

SILVA, E.M.; PESO-AGUIAR, M.C.; NAVARRO, M.F.T.; CHASTINET, C.B.A. **Impacto do Petróleo poluição sobre Ecossistemas Aquáticos litorâneas no Brasil**. Toxicologia e Química Ambiental, Vol. 16, N°1, p. 112–118, 1997.

ZOBY, José L. G; BARKER, Jim; OLIVEIRA, Everton de; DUARTE, Uriel. **Estudo de caso de atenuação natural de pluma de gasolina e etanol**. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008. 20 p.

FINOTTI, Alexandra R. et al. **Uso da ação corretiva baseada no risco - RCBA – nos Casos de contaminação de Solos e Águas Subterrâneas por gasolina no Brasil**. 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais... Foz do Iguaçu: ABES p 2453-2464, 1997.

SCHMIDT, Elisabete I. **Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela – RS**. 2006.f 91. Monografia (graduação) – Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2006.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M.C.;FAIRCHILD,T. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2003.

FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: Springer, 1980.

BRANCO, Samuel M. **Água, origem, uso e preservação**. São Paulo: Moderna, 2001.